

Der Einfluß körperlicher Arbeit auf den Nasenwiderstand bei gut trainierten Sportlern

von

Rainer Leykauf

aus

Eisenach/Thür.

1972
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548617_0076

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. G. Theissing

Der Einfluß körperlicher Arbeit auf den Nasenwiderstand bei gut trainierten Sportlern

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Rainer Leykauf

aus

Eisenach/Thür.

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der Universität

Erlangen-Nürnberg



Referent: Priv.-Doz. Dr. H. Masing
Korreferent: Professor Dr. G. Theissing
Dekan: Professor Dr. G. Koch

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Februar 1972

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I.	Problemstellung und Literaturübersicht	1
II.	Experimentelle Untersuchungen	2
	1. Methodik: Durchführung der Untersuchungen ...	2
	2. Beschreibung der Versuchsanordnung	3
	3. Messung	6
III.	Resultate des gesamten Kollektivs	8
	1. Pulsfrequenz	8
	2. Atemfrequenz	9
	3. Widerstandskoeffizient	11
IV.	Betrachtung der nach Leistung gestaffelten Gruppen .	14
	1. Pulsfrequenz	14
	2. Widerstandskoeffizient	15
V.	Diskussion der Ergebnisse	15
VI.	Zusammenfassung	18
	Literatur	19
	Anhang: Tabellen 1 - 30	21

TABELLEN-ÜBERSICHT

Mittelwerte

Nr.	Verhalten:	Seite
1	der Pulsfrequenz. Sämtl. Versuchspersonen, $n = 31$	21
2	der Atemfrequenz. Sämtl. Versuchspersonen, $n = 31$	22
3	des Atemminutenvolumens. Sämtl. Versuchspersonen, $n = 31$	23
4	des Atemstromes. Sämtl. Versuchspersonen, $n = 31$	24
5	Prozentualer Abfall des Widerstandskoeffizienten vom Ruhewert (100 %), $n = 31$	25
6	des Widerstandskoeffizienten. Sämtl. Versuchspersonen, $n = 31$	26
7	der Pulsfrequenz - 125 Watt, $n = 2$	27
8	der Pulsfrequenz - 150 Watt, $n = 5$	28
9	der Pulsfrequenz - 175 Watt, $n = 2$	29
10	der Pulsfrequenz - 200 Watt, $n = 7$	30
11	der Pulsfrequenz - 225 Watt, $n = 4$	31
12	der Pulsfrequenz - 250 Watt, $n = 10$	32
13	des Atemminutenvolumens - 125 Watt, $n = 2$	33
14	des Atemminutenvolumens - 150 Watt, $n = 5$	34
15	des Atemminutenvolumens - 175 Watt, $n = 2$	35
16	des Atemminutenvolumens - 200 Watt, $n = 7$	36
17	des Atemminutenvolumens - 225 Watt, $n = 4$	37
18	des Atemminutenvolumens - 250 Watt, $n = 10$	38
19	der Atemfrequenz - 125 Watt, $n = 2$	39
20	der Atemfrequenz - 150 Watt, $n = 5$	40
21	der Atemfrequenz - 175 Watt, $n = 2$	41
22	der Atemfrequenz - 200 Watt, $n = 7$	42
23	der Atemfrequenz - 225 Watt, $n = 4$	43
24	der Atemfrequenz - 250 Watt, $n = 10$	44
25	des Widerstandskoeffizienten - 125 Watt, $n = 2$	45
26	des Widerstandskoeffizienten - 150 Watt, $n = 4$	46
27	des Widerstandskoeffizienten - 175 Watt, $n = 2$	47
28	des Widerstandskoeffizienten - 200 Watt, $n = 7$	48
29	des Widerstandskoeffizienten - 225 Watt, $n = 4$	49
30	des Widerstandskoeffizienten - 250 Watt, $n = 10$	50

I. Problemstellung und Literaturübersicht

Die Nase erfüllt als vorgeschaltetes Organ der oberen Luftwege bekanntlich wichtige Aufgaben, indem sie die Luft für die unteren Luftwege präpariert, d.h. anwärmt, anfeuchtet und reinigt. Da die Nase auf Grund ihres eigentümlichen anatomischen Baues ihren Querschnitt erheblich zu ändern vermag, kann sie sich dem jeweiligen Sauerstoffbedarf gut anpassen. Im Bereich der äußeren Nase sind es die Nasenlöcher und die Klappenregion, die sich infolge der Muskelaktivität erweitern können (VAN DISHOCK). In der inneren Nase beeinflussen die Muscheln die Weite der Nasenhöhle, indem sie zyklisch an- und abschwellen.

Die Durchgängigkeit einer Nase läßt sich am besten mit Hilfe der Rhinomanometrie bestimmen, wie sie seit ca. 70 Jahren in den verschiedenen Methoden ausgeführt wird.

Nasenwiderstandsmessungen werden heute im wesentlichen nach zwei Methoden ausgeführt:

1. Die anteriore Rhinomanometrie, begründet von COURTADE 1902, und die
2. posteriore Rhinomanometrie, angegeben von SPIESS 1899.

Die anteriore Rhinomanometrie vermag nur jeweils eine Nasenseite zu messen, während bei der posterioren Rhinomanometrie auf Grund der besonderen Atmungstechnik methodische Schwierigkeiten auftreten können.

1940 führte UDDSTRÖMER Messungen über den jeweiligen prozentualen Anteil der Nasen- und Mundatmung bei dosierter körperlicher Belastung (Kniebeugen unterschiedlicher Zahl) aus, ohne jedoch den Nasenwiderstand genauer zu bestimmen.

BAUMANN und MASING konnten 1969 in einer klinisch-experimentellen Studie den Einfluß der körperlichen Arbeit auf den Nasenwiderstand zeigen.

In der vorliegenden Arbeit wird der Nasenwiderstand bei gut trainierten Sportlern untersucht. Dabei soll festgestellt werden, ob sich Unterschiede zu nicht trainierten Versuchspersonen finden.

II. Experimentelle Untersuchungen

1. Methodik:

Durchführung der Untersuchungen:

Das Kollektiv umfaßt 31 Versuchspersonen im Alter von 18 bis 30 Jahren, die keine Formabweichungen der Nase zeigen und eine unbehinderte Nasenatmung aufweisen. 9 Vp's sind weiblich, 22 männlich. Sämtliche Vp's sind Sportstudenten und seit ca. 6 - 7 Monaten gleichmäßig im Training. Sie weisen ein Training von 25 Std. im Mittel pro Woche auf. Das Training erstreckt sich auf sämtliche Trainingsarten: Ausdauer-, Circle-, Circuit-, Intervall-, Geschicklichkeits- und Krafttraining. Ungefähr 50 % der Vp's waren vor der Aufnahme des Sportfachlehrerstudiums als Leistungssportler tätig. Keine der Vp's macht einen übertrainierten Eindruck. Auffällige Krankheiten und Mißbildungen werden nicht ermittelt. Vor jeder Messung wird die Vp. einer rhinologischen Untersuchung unterzogen, um Beeinträchtigungen der Nasenatmung auszuschließen.

2. Beschreibung der Versuchsanordnung:

Meßplatz:

Benutzt wird der Rhinomanometriemeßplatz gekoppelt mit einem Elektrokardiographen. Der Rhinomanometriemeßplatz dient zur Untersuchung der Atemfunktion der Nase. Er ist aus folgenden Einheiten zusammengesetzt:

Elektromanometer EMT 31 : in Verbindung mit Differentialdruckreceptor EMT 33 zur Messung des Nasendruckes.

Elektromanometer EMT 31 P : in Verbindung mit Differentialdruckreceptor EMT 32 und Pneumotachographiekopf nach A. FLEISCH zur Messung des Atemstromes.

Integrationsverstärker EMT 41 : zur Bestimmung des Atemvolumens aus den Signalen des Atemstromes.

Funktionsrechner: zur analogen Berechnung des Nasenwiderstandsquotienten Q aus den von den Elektromanometern EMT 31 und EMT 32 angelieferten druckproportionalen Signalen.

Die Berechnung erfolgt nach der Beziehung:

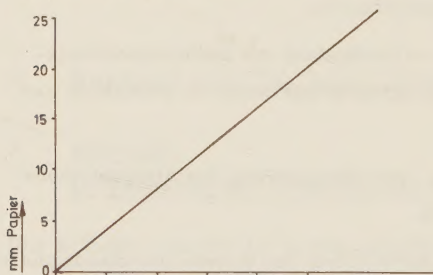
$$A = K \cdot \frac{E_1}{E_2} ,$$

wobei E_1 die Druckdifferenz zwischen Nasenein- und Nasenausgang,
 E_2 die Druckdifferenz am Pneumotachographiekopf (Atemstrom),
 K ein Korrekturfaktor ist,

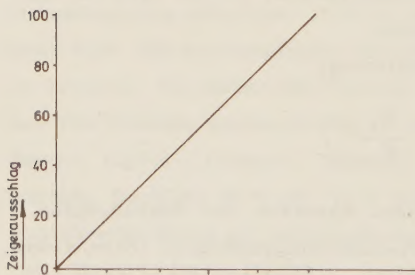
5-Kanal-Düsendirektschreiber "Minograph 31 D" : zur Synchronregistrierung des zeitlichen Verlaufes der Meßgrößen Nasendruck, Atemstrom, W_k , Atemvolumen sowie einen Zeitmarkierungsschreiber.

Eichung:

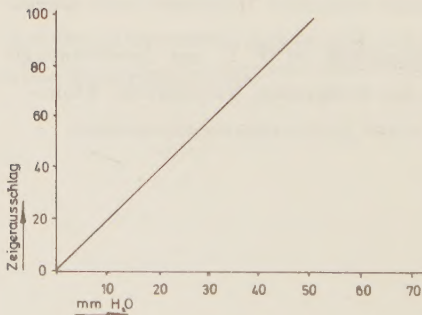
Die Eichung der Differentialdruckrezeptoren EMT 31 und EMT 32 erfolgt vor jeder Messung mit dem Druckeichgerät nach O. H. GAUER und einem Schrägrohrmanometer (EMT 31 P). Die Eichkurven ergeben eine Linearität der beiden Geräte. Die Eichkurve des 5-Kanal-Düsen-schreibers wird durch Nullpunktverlagerung des Elektro-Manometers in gleichen Abständen gewonnen. Auch hier ist eine Linearität der Meßpunkte festzustellen. Der Pneumotachograph nach A. FLEISCH arbeitet in allen Bereichen linear.



Minograph 31 D



EMT 33



EMT 32

Meßgrößen:

a) Pulsfrequenz

Durch einen Elektrokardiographen (Siemens Cardirex 6 T) wird ein EKG (Extremitätenableitung) parallel zu den Messungen aufgezeichnet.

b) Atemminutenvolumen

Das Atemminutenvolumen wird aus den Aufzeichnungen des RC-Integrators bestimmt. Die Konstante des Pneumotachographiekopfes ($k = 1,595 \text{ l/sec für } 5 \text{ mm H}_2\text{O}$) wird mit berücksichtigt.

c) Atemfrequenz

Die Atemfrequenz wird direkt aus den Meßdiagrammen des Registrierers entnommen.

d) Nasendruck = Differenzdruck der Nase

Der Differenzdruck der Nase wird jeweils bei maximaler In- und Expiration aus dem Meßdiagramm entnommen.

e) Atemstrom = Durchflußgeschwindigkeit Q

Q wird ebenfalls bei maximaler In- und Expiration aus den Meßdiagrammen unter Berücksichtigung der Konstanten k des Pneumotachographiekopfes entnommen.

f) Wk = Widerstandskoeffizient

Die Berechnung des dimensionslosen Widerstandskoeffizienten erfolgt nach der Gleichung:

$$Wk = \frac{100 \times (p_1 - p_2)}{Q^2}$$

Nach Ermittlung der Meßergebnisse wird von allen Meßgrößen für die Zeiteinheit 1 Minute der Mittelwert, die Standardabweichung und die Varianz für das gesamte Kollektiv und getrennt für die einzelnen Leistungsgruppen mit dem IME-Elektronenrechner berechnet.

3. Messung:

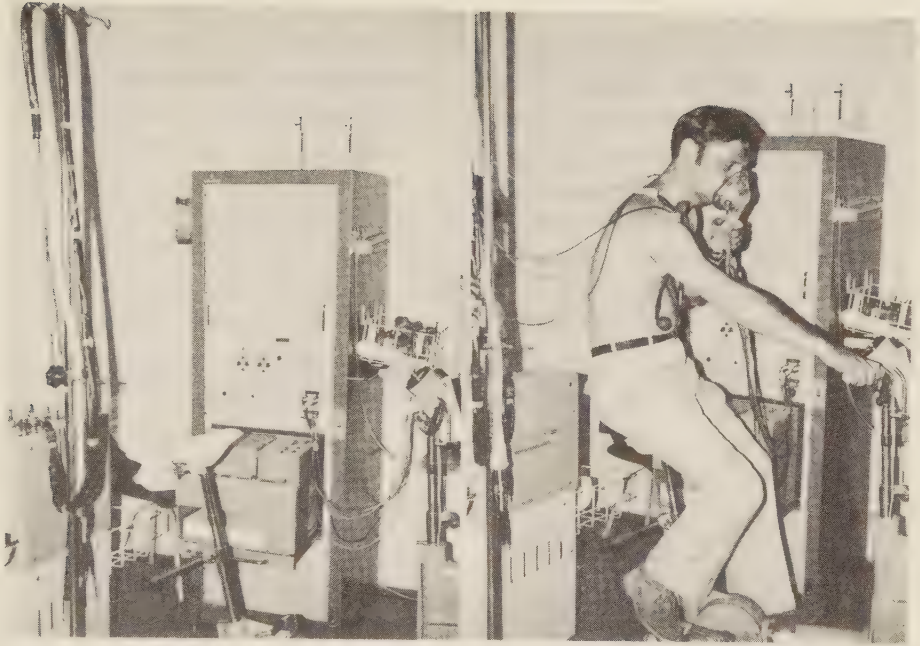
Die Vp wird nach 10 Minuten Ruheatmung aufgefordert, auf dem Fahrradergometer sitzend, eine Minute ruhig zu atmen. Danach wird die Ruheatmung registriert. Nach Anweisung hyperventiliert die Vp anschließend 1 Minute, die wiederum gemessen wird.

Nach diesen beiden Messungen in Ruhe beginnt die Vp mit einer Drehzahl von 60 - 70 U/min auf dem Fahrradergometer zu treten. Die Belastungsstufen werden sukzessiv nach jeweils 6 Minuten in drei Abschnitten erhöht, bis die Vp nach 3 mal 6 Minuten an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit anlangt. Die Erhöhung des Tretwiderstandes (Wattzahl) wird von der Pulsfrequenz abhängig gemacht, als Maximum werden nach 3 mal 6 Minuten 200 Pulsschläge pro min angestrebt.

Nach MELLEROWICZ wird zwar in 6 Minuten noch kein "Steady State" hergestellt, die Ergostase ist aber dann erreicht, wenn von der 4. bis zur 6. Minute während einer konstanten Belastung der Puls weniger als 8 Schläge pro Minute ansteigt. Um die einzelnen Belastungsstufen aber möglichst kurz zu halten, soll für ergometrische Untersuchungen der Zustand der Ergostase angestrebt werden.

Die Pulsfrequenz registriert dabei ein Elektrokardiograph. Der Proband nimmt die Olive des Druckrezeptors in den Mund, die Maske wird fest an das Gesicht gedrückt, der Mund geschlossen gehalten. Die Atemluft wird durch eine Heizspirale im Pneumotachographiekopf vorgewärmt. Eine Behinderung durch die angeschlossenen Geräte tritt bei keinem Probanden auf.

Nach Erreichen der Maximalbelastung werden während weiterer 6 Minuten in der Erholungsphase wieder (1 Messung/min) 1 Messung mit 3 - 4 Atemzügen gemessen. Im Anschluß wird bei jeder Versuchsperson eine Sportanamnese sowie eine allgemeine Anamnese kombiniert mit Fragen über Trainingsdauer, -möglichkeiten, -art erhoben. Sofort nach Abschluß der Befragung wird die Vp aufgefordert, die von ihr ge-



Ergo-Rhinomanometriemeßplatz

links: Elektrokardiograph

mitte hinten: Rhinomanometrie-
meßeinheit

vorn rechts: Fahrradergometer

Anschluß des Probanden

links: Anschluß an Elektro-
kardiographen mit Saugelektroden

mitte: Anschluß mit Maske an
das Rhinomanometriemeßgerät
auf dem Fahrradergometer

leistete Maximalbelastung noch einmal anzutreten und über weitere 6 Minuten wird jeweils jede Minute eine Messung aufgezeichnet.

Fehlerquellen:

Bei der Auswertung der Meßergebnisse ist eine gewisse Fehlerbreite zu berücksichtigen. Der Eigenwiderstand des Meßplatzes liegt unter 1 % der

gemessenen Werte und kann als Konstante praktisch vernachlässigt werden. Faktoren wie Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und atmosphärischer Druck werden berücksichtigt. Bei der Raumtemperatur treten Schwankungen nicht über $\pm 2^{\circ}$ auf.

Größere Fehlerbreiten ergeben sich aus der Ablesung der Meßpunkte und den unterschiedlichen Verfassungen der einzelnen Vp's, besonders bei Beginn der Messungen. Da die Meßergebnisse stets nach dem gleichen Modus und von der gleichen Person abgelesen werden, können die Messungen zwar nicht absolut, so doch relativ zueinander gut verwertet werden. Insgesamt ergibt sich deshalb eine Fehlerbreite von 5 - 6 % .

Resultate des gesamten Kollektivs (n = 31):

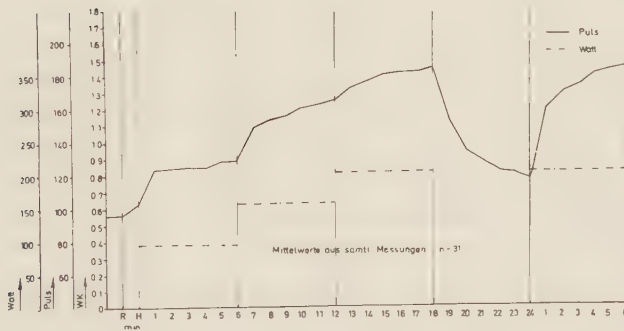
1. Pulsfrequenz:

Die Pulsfrequenz steigt erwartungsgemäß mit zunehmender Belastung direkt proportional zur Wattleistung an (Belastung in 3 Stufen). Bei einem mittleren Ausgangswert von 96,8 Schlägen/min vor Beginn der Messungen erreichen die Vp's nach 6 Minuten bei einer mittleren Ausgangsleistung von 98,3 Watt 129,4 Schläge und im Mittelwert nach 12 Minuten 166,6 und nach 18 Minuten 186,5 Schläge/min.

Während der folgenden 6 Minuten Erholungsphase sinkt die Pulsfrequenz im Mittelwert auf 161,1 Schläge ab. Bei der anschließenden Maximalbelastung erreichen die Versuchspersonen nach 6 Minuten fast genau den Wert vor der Erholungsphase, nämlich 186,8 Schläge (Anhang Tabelle 1).

Die Abhängigkeit der Pulsfrequenz von der körperlichen Belastung läßt sich durch den erhöhten Sauerstoffbedarf des Organismus erklären (WEIDENER). Hier ist eine direkte lineare Beziehung mit der Belastung festzustellen. Es zeigt sich weiter, daß die größten Abweichungen vom Mittelwert bei sogenannter Ruheatmung und bei Hyperventilation gemessen werden. Dies mag einmal durch die unterschiedlichen körperlichen Belastungen der Versuchspersonen vor Antritt der Messung bedingt sein, zum anderen gewisse psychische Gründe haben.

Verhalten der Pulsfrequenz bei den durchgeführten Belastungen



2. Atemfrequenz:

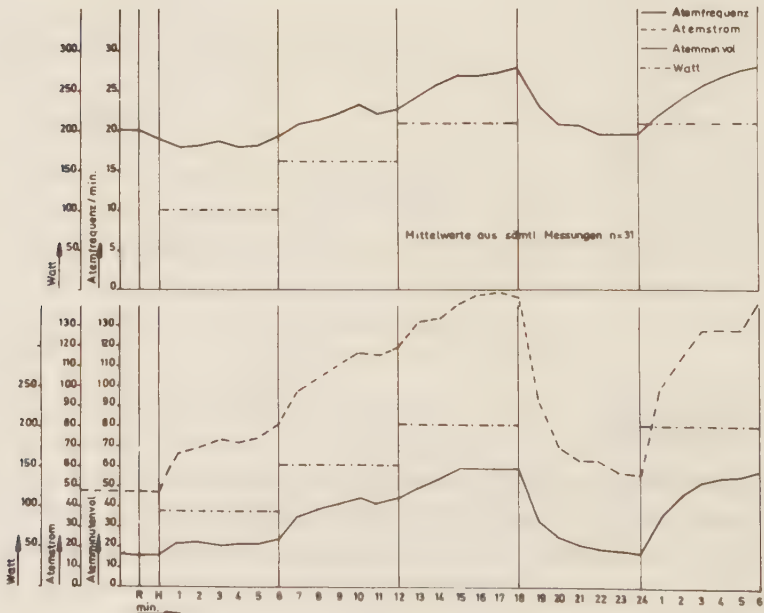
Die Atemfrequenz bleibt während der ersten 6 Minuten Belastung nahezu konstant (17,5 und 18,9 Atemzüge/min bei Pulsfrequenzanstieg um 20 Schläge), um dann über 22,5 Atemzüge/min nach weiteren 6 Minuten bis 27,5 bei der dritten Belastungsstufe anzusteigen. Während der

folgenden Ruhephase geht sie fast auf die Ausgangsfrequenz (19,7) zurück, um dann nach der sofortigen Maximalbelastung über nochmals 6 Minuten wieder auf 27,5 Atemzüge anzusteigen (Anhang Tabelle 2).

Die gleichen Beziehungen zeigen naturgemäß Atemminutenvolumen und Atemstrom (Anhang Tabellen 3 u. 4).

Bedingt durch den Trainingszustand der Vp's erhöht sich die Puls- und Atemfrequenz, das Atemminutenvolumen und der Atemstrom bei Belastung nicht sofort wie bei untrainierten Vp's , sondern erst bei einer Leistung, die abhängig vom Trainingszustand ist, in den vorliegenden Untersuchungen erst bei ca. 160 Watt (Belastungsstufen im Mittel vom gesamten Kollektiv).

Verhalten von:



3. Der Widerstandskoeffizient (Wk) beim gesamten Kollektiv :

1) Bei körperlicher Ruhe:

Unbelastet sind bei den einzelnen Vp's des Kollektivs sehr unterschiedliche Werte zu ermitteln. So liegen die meisten Ruhewerte zwischen 0,6 und 2,7 bei einem allgemeinen Mittel von 1,51 . Ein exakter Ruhewert der einzelnen Vp's läßt sich nicht bestimmen, er schwankt bei den einzelnen Messungen um maximal 2,68 .

2) Hyperventilation:

Bei der willkürlich durchgeführten Hyperventilation steigt der Wk im gesamten Kollektiv nicht an. Allerdings sank der Wk bei Hyperventilation im Durchschnitt nur um 0,1 (1,51 Ruhewert -1,40 Hyperventilation), was nicht gegen die Erfahrungen bei klinischen Messungen der Erlanger HNO-Klinik (MASING, BAUMANN) spricht. Diese Beobachtung dürfte vielmehr auf eine zum Teil mangelhafte Hyperventilation der Vp's zurückzuführen sein, die sich nicht genau an die Anweisungen des Untersuchenden halten.

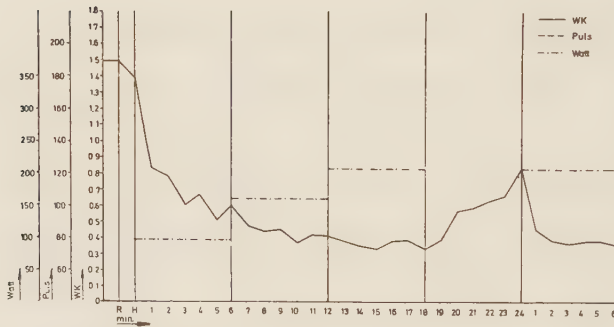
3) Wk des gesamten Kollektivs bei ansteigender körperlicher Leistung:

Der Wk erreicht bei einer Durchschnittsleistung von 98,3 Watt nach den ersten 6 Minuten einen Wert von 0,6 , bei 159,6 Watt Belastung nach den zweiten Minuten 0,4 , und nach weiteren 6 Minuten mit einer Belastung von 206,4 Watt im Durchschnitt einen Wert von 0,36 . Dabei zeigt sich, daß der Wk seinen steilsten Abfall innerhalb der ersten 6 Minuten aufweist (von 1,5 auf 0,6), um sich weiterhin nur geringfügig zu ändern (Maximal um 0,24).

Der niederste Meßwert wird im Mittel nach 15 Minuten mit 22,6 % des Ruhewertes erreicht. Trotzdem kann angenommen werden, daß sich ab der 10. Minute, trotz steigender körperlicher Belastung während der nächsten 8 Minuten, der Wk in Prozenten des Ausgangswertes nur mi-

nimal ändert (ca. 2 %), was innerhalb der Fehlergrenzen liegt. In gleichen Zeitraum nimmt die Pulsfrequenz um 15 % zu. Eine lineare Beziehung zwischen Herzfrequenz und Wk scheint hier also nicht gegeben (Anhang Tabellen 5 und 6).

Verhalten des Wk bei dreistufiger Belastung:



4) Der Wk in der Erholungsphase:

In der Erholungsphase von 6 Minuten erreicht der Wk im Mittel nach 2 Minuten 38 % des Ausgangswertes von 1,51 , nach 4 Minuten 41,3 % und nach 6 Minuten 54,6 % des Ruhewertes.

Gemessen am letzten Wert bei körperlicher Belastung (im Mittel 0,36) steigt er prozentual wie folgt an:

1. min	8,3 %	n = 31
2. min	58,2 %	
3. min	61,0 %	
4. min	72,2 %	
5. min	86,1 %	
6. min	128,0 %	

Puls- und Atemfrequenz sinken gleichzeitig ab, zwischen Pulsfrequenz und Wk besteht eine lineare Beziehung, wie sie schon MASING und BAUMANN nachgewiesen haben.

Ebenso sinkt das Atemminutenvolumen und erreicht folgende Werte, gemessen am Ausgangswert von 61,0 im Mittel:

1. min	57,2 %	oder in Prozenten abgesunken ausge- drückt:	1. min	42,8 %
2. min	43,6 %		2. min	56,4 %
3. min	37,4 %		3. min	62,6 %
4. min	34,4 %		4. min	65,6 %
5. min	32,9 %		5. min	67,1 %
6. min	31,6 %		6. min	68,4 %

5) Der Wk bei Maximalbelastung nach der Erholungsphase:

Nachdem die Vp's nach der 6 -minütigen Erholungsphase sofort mit der von ihnen zuletzt getretenen Wattzahl belastet werden, zeigt es sich, daß der Wk nach 1 Minute auf 30,2 % des Ruhewertes und nach einer weiteren Minute auf den bei der stufenweisen Belastung erreichten Minimalwert zurückgeht. Dieser Wert wird dann während weiterer 4 Minuten nahezu konstant gehalten. Die Größe des Abfalls des Wk's in 2 Minuten deckt sich nahezu mit dem Wert, der von der Vp bei ansteigender körperlicher Leistung auch erreicht wird (52,2 % zu 46,3 %), wenn man von den jeweiligen Ausgangswerten (Ruhewert und letzter Wert der Erholungsphase) ausgeht. Es fällt auf, daß bei sofortiger Maximalbelastung sich der minimalste Wk wesentlich schneller einstellt als bei anstei-

gender körperlicher Belastung (2 Minuten zu 10 Minuten). Die Größe des Wertes deckt sich mit der bei entsprechend erreichter Leistungsstufe.

Pulszahl, Atemfrequenz und Atemminutenvolumen steigen im gleichen Maße steiler an und erreichen nach 6 Minuten die bereits vorher erlangten Maximalwerte.

IV. Betrachtung der nach Leistung gestaffelten Gruppen

Auf Grund der unterschiedlichen, maximal erreichbaren Leistungen ergibt sich eine Gruppierung des gesamten Kollektivs wie folgt:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Leistung bis 125 Watt | 2 Vp , weibl. |
| 2. Leistung bis 150 Watt | 5 Vp , weibl. |
| 3. Leistung bis 175 Watt | 2 Vp , weibl. + männl. |
| 4. Leistung bis 200 Watt | 7 Vp , 6 männl. , 1 weibl. |
| 5. Leistung bis 250 Watt | 10 Vp , männl. |
| 6. Leistung bis 275 Watt | 1 Vp , männl. |

1. Pulsfrequenz:

Bei den Gruppen mit 125 und 150 Watt steigt die Pulsfrequenz nahezu kontinuierlich vom Ruhewert aus an, während bei den restlichen Gruppen deutlich ein dreistufiger Anstieg festzustellen ist. Dies deckt sich mit den Erfahrungen der Sportmedizin. Ansonsten ist, auch im Bezug auf Atemfrequenz und Atemminutenvolumen, kein Unterschied im Vergleich mit dem gesamten Kollektiv festzustellen (Anhang Tabellen 7 - 24).

2. Widerstandskoeffizient bei den einzelnen Gruppen:

Bei den Gruppen mit 125 und 150 Watt Leistung stellen sich im Verhalten des Wk's die gleichen Ergebnisse wie bei untrainierten Vp's ein. Es handelt sich bis auf eine Vp ausschließlich um weibliche Probanden im Alter von 19 - 23 Jahren, die bei weitem nicht den Trainingszustand der anderen Vp's erreichen (Anhang Tabellen 25-26).

Die folgenden Gruppen (175 - 275 Watt) sind für diese Studie am besten geeignet. Sie zeigen einen gleichmäßigen Kurvenverlauf, der nicht nur auf den größeren repräsentativen Querschnitt, sondern auch auf gleichen Trainingszustand zurückzuführen ist. Mit dem gesamten Kollektiv verglichen, ergeben sich aber nur geringe Unterschiede im Verhalten von Pulsfrequenz, Atemfrequenz, Atemminutenvolumen und Widerstandskoeffizient (Anhang Tabellen 27-30).

V. Diskussion der Ergebnisse

Auf Grund der vorgenommenen Messungen besteht kein Zweifel, daß sich die Nase unter körperlicher Belastung weitet und der Wk abfällt.

Kein Unterschied zu untrainierten Versuchspersonen ist in Höhe und Verhalten des Meßwertes vor Belastung festzustellen. Die Schwankungsbreite ist erheblich. Ein exakter Ruhewert läßt sich nicht definieren.

Bei zunehmender körperlicher Leistung ist die Größe und Änderungsgeschwindigkeit des Wk's in den ersten Minuten stark abhängig vom Trainingszustand der Vp's und der Belastungsstärke. Je besser die Versuchs-

person durchtrainiert ist, desto schneller wird der niedrigste Wk-Wert erreicht. Auch bei weiterer Leistungssteigerung ist kein zusätzlicher Abfall des Wk's zu beobachten. Es handelt sich offensichtlich um einen antrainierbaren Zustand, bei dem sich der Wk in kürzester Zeit maximal einstellen kann (Nase maximal geweitet), um dem Organismus mit dem geringsten Widerstand die größtmögliche Menge an Atemluft zukommen zu lassen. Sowohl bei allmählicher Steigerung wie auch bei plötzlicher maximaler Belastung erweitert sich die Nase der einzelnen Versuchspersonen annähernd gleich, im letzteren Fall allerdings in wesentlich kürzerer Zeit.

Die in den Versuchsreihen ermittelten Wk-Werte korrelieren im Gegensatz zu früheren Arbeiten (MASING , BAUMANN) nicht mit Herz-, Atemfrequenz bzw. Atemminutenvolumen. Ist ein Maximalwert des Wk bei hoher Leistung erreicht, d.h. hat sich die Nase maximal erweitert, so korreliert die Sauerstoffbedarfskurve (Pulsschlag) nicht mehr mit dem Wk. Offensichtlich hat jeder Proband einen individuell verschiedenen Maximalwert. Dies spricht gegen die Annahme, daß der Sauerstoffbedarf des Organismus den Nasenwiderstand regelt. Der Wk bleibt ab einem bestimmten Sauerstoffbedarf bei der Vp konstant. Die Höhe dieses Bedarfes hängt vom Trainingszustand der Personen ab. Offensichtlich ist deren Grenzpunkt in früheren Untersuchungen (MASING , BAUMANN) nicht erreicht worden.

Eine weitläufige Korrelation zwischen Herzfrequenz, Atemminutenvolumen und Wk ist nur indirekt in der Erholungsphase anzunehmen. Bei Hyperventilation wird bei drei von sechs Leistungsgruppen ein Anstieg des Wk's festgestellt. Nach anderen, bisher gemachten klinischen Untersuchungen ist deshalb ein Anstieg des Wk's bei willkürlicher Hyperventilation anzunehmen.

Ein Unterschied in den einzelnen Leistungsgruppen ist nachweisbar. Um-

so durchtrainierter die einzelne Gruppe sich erweist, desto schneller reagiert der Wk, die Zeit bis zum Erreichen des Minimalwertes wird kürzer. Auf die Größe des Wk-Wertes macht sich die Leistungssteigerung nicht bemerkbar. Bemerkenswert ist der gleichmäßige Verlauf des Wk's bei belastbaren Vp's. Weitere Untersuchungen sollten über die Wechselbeziehungen Sauerstoffangebot im Vergleich zum Nasenwiderstand durchgeführt werden.

VI. Zusammenfassung

Der Nasenwiderstand wird bei 31 gut trainierten Sportlern unter körperlicher Belastung untersucht. Nach der posterioren Rhinomanometrie wird der Nasenwiderstandskoeffizient mittels des "Elema-Meßplatzes" und eigener Berechnungen ermittelt. Zur Ermittlung der körperlichen Leistung dient ein Fahrradergometer. Es zeigt sich, daß der Nasenwiderstandskoeffizient mit steigender Leistung zu Beginn linear abfällt, um dann, trotz weiterer Leistungssteigerung auf einem klar reproduzierbaren Minimalwert zu verharren. Eine Korrelation zwischen Nasenwiderstandskoeffizienten und Pulsfrequenz bzw. Atemminutenvolumen läßt sich in hohen Belastungsstufen nicht nachweisen. Anzunehmen ist für jeden Organismus ein bestimmter Wk-Minimalgrenzwert, der sich trainingsabhängig verschieden schnell einstellt. Er stellt sich beim gut Trainierten schneller ein als beim Untrainierten. Der adäquate Reiz der Nasenerweiterung scheint in seiner Empfindlichkeit von der allgemeinen körperlichen Belastungsfähigkeit abhängig. Eine Steuerung durch den Sauerstoffbedarf des Organismus und eine sympathische Beteiligung ist anzunehmen.

L I T E R A T U R

BAUMANN, A. - MASING, H.:

"Über den Einfluß körperlicher Arbeit auf den Nasenwiderstand"
Zeitschrift für Laryngologie - Rhinologie - Otologie,
49, 4, 264 (1970)

DISHOECK, van H.A.E.:

"Die Bedeutung der äußeren Nase für die respiratorische
Luftströmung",
Acta oto-laryngologica 24, 494 (1936)

DISHOECK, van H.A.E.:

"Elektrogramm der Nasenflügelmuskeln und Nasenwiderstands-
kurve",
Acta oto-laryngologica 25, 285 (1937)

DOCUMENTA GEIGY:

"Wissenschaftliche Tabellen",
6. Auflage, 146 (1960)

FLEISCH, A.:

"Der Pneumotachograph; ein Apparat zur Geschwindigkeits-
registrierung der Atemluft",
Archiv für Physiologie 209, 713 (1925)

MASING, H.:

"Die klinische Bedeutung der Nasenwiderstandsmessung",
Archiv Ohr-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde 185, 763 (1965)

MASING, H.:

"Die Luftströmung in der Nase und ihre Bedeutung für die
Rhinoplastik",
Archiv Ohr-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde Erlangen

MELLEROWICZ, H.:

"Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen
Leistungsmessung",
1. Int. Seminar für Ergometrie
(Berlin 1965)

STOCKSTED, P.:

"Rhinometric Measurements for determination of the nasal cycle",
Acta oto-laryngologica, Suppl. 109, 159 (1953)

UDDSTRÖMER, M.:

"Nasal respiration-A critical survey of some current physiological and clinical aspects on the respiratory mechanism",
Acta oto-laryngologica, Suppl. 42 (1940)

WEIDENER, J.:

"Die Herzschlagfrequenz bei ergometrischer Leistung",
1. Int. Seminar für Ergometrie
(Berlin 1965)

ANHANG

T A B E L L E N

Tabelle 1

Verhalten der Pulsfrequenz / Sämtliche Versuchspersonen (Mittelwerte)
n = 31

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standardabweichung
98,3	Ruhe	96,8	268,9	16,4
	Hypervent.	101,1	324,1	18,0
	1. min	124,7	175,8	13,2
	2. min	125,0	134,2	11,5
	3. min	126,9	151,5	12,3
	4. min	126,7	166,8	12,9
	5. min	128,0	179,0	13,3
	6. min	129,4	201,2	14,1
	7. min	150,3	117,9	10,8
	8. min	155,5	146,4	12,1
	9. min	158,3	157,3	12,5
	10. min	162,2	138,1	11,7
	11. min	164,1	156,2	12,5
	12. min	166,6	158,4	12,5
	13. min	174,2	89,3	9,4
	14. min	178,4	79,2	8,9
	15. min	182,0	86,0	9,2
	16. min	183,6	73,0	8,5
159,6	17. min	184,7	63,3	7,9
	18. min	186,5	71,9	8,4
206,4	19. min	155,0	144,2	12,0
	20. min	135,9	75,2	8,6
	21. min	129,6	64,5	8,0
	22. min	123,9	144,2	12,0
	23. min	122,4	104,5	10,2
	24. min	118,9	124,3	11,1
206,4	1. min	161,1	93,2	9,6
	2. min	171,9	82,3	9,0
	3. min	176,6	46,1	6,7
	4. min	181,0	47,1	6,8
	5. min	184,2	51,0	7,1
	6. min	186,8	72,7	8,5

Tabelle 2

Verhalten der Atemfrequenz / Sämtliche Versuchspersonen (Mittelwerte)
n = 31

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
	Ruhe	19,9	53,4	7,3
	Hypervent.	18,6	57,9	7,6
98,3	1. min	17,5	43,5	6,6
	2. min	17,7	37,1	6,0
	3. min	18,3	37,4	6,1
	4. min	17,7	33,2	5,7
	5. min	18,0	44,7	6,6
159,6	6. min	18,9	37,8	6,1
	7. min	20,6	39,3	6,2
	8. min	21,0	30,6	5,5
	9. min	21,7	36,5	6,0
	10. min	22,8	35,9	5,9
	11. min	21,8	29,4	5,4
	12. min	22,5	39,1	6,2
206,4	13. min	23,8	30,0	5,4
	14. min	25,5	39,0	6,2
	15. min	26,7	32,8	5,7
	16. min	26,8	43,5	6,5
	17. min	27,0	24,7	4,9
	18. min	27,5	35,8	5,9
Erhol. - phase	19. min	22,6	49,9	7,0
	20. min	20,6	51,6	7,1
	21. min	20,5	43,1	6,5
	22. min	19,7	43,4	6,5
	23. min	19,6	45,9	6,7
	24. min	19,7	51,1	7,1
206,4	1. min	21,6	38,1	6,1
	2. min	24,1	42,5	6,5
	3. min	25,2	45,9	6,7
	4. min	26,1	44,4	6,6
	5. min	27,2	39,2	6,2
	6. min	27,5	38,5	6,2

Tabelle 3

Verhalten des Atemminutenvolumens / Sämtliche Versuchspersonen
(Mittelwerte) n = 31

Watt	Zeit	l / min	Varianz	Standard- abweichung
98,3	Ruhe	17,2	87,4	9,3
	Hypervent.	16,5	192,7	13,8
	1. min	23,7	551,9	23,4
	2. min	24,6	428,5	20,7
	3. min	22,3	71,5	8,4
	4. min	23,6	92,9	9,6
159,6	5. min	23,8	84,4	9,1
	6. min	24,8	72,3	8,5
	7. min	36,2	130,8	11,4
	8. min	40,4	129,4	11,3
	9. min	43,5	192,8	13,8
	10. min	45,9	230,4	15,1
206,4	11. min	42,5	232,4	15,2
	12. min	45,4	215,5	14,6
	13. min	50,7	228,3	15,1
	14. min	55,4	292,1	17,0
	15. min	61,5	217,5	14,7
	16. min	60,8	259,5	16,1
Erhol. - phase	17. min	61,9	238,7	15,4
	18. min	61,0	277,9	16,6
	19. min	34,9	212,6	14,5
	20. min	26,6	128,1	11,3
	21. min	22,8	113,8	10,6
	22. min	21,0	133,5	11,5
206,4	23. min	20,1	129,8	11,4
	24. min	19,3	104,4	10,2
	1. min	38,3	186,1	13,6
	2. min	48,9	241,8	15,5
	3. min	54,8	187,2	13,6
	4. min	56,3	211,7	14,5
	5. min	58,7	303,1	17,4
	6. min	61,8	208,3	14,4

Tabelle 4

Verhalten des Atemstromes / Sämtliche Versuchspersonen (Mittelwerte)
n = 31

Watt	Zeit	1 /min	Varianz	Standard- abweichung
98,3	Ruhe	47,2	342,9	18,5
	Hypervent.	46,0	401,6	20,0
	1. min	66,9	413,3	20,3
	2. min	69,6	788,8	28,0
	3. min	72,6	725,4	26,9
	4. min	72,1	424,7	20,6
159,6	5. min	74,5	352,0	18,7
	6. min	79,3	645,7	25,4
	7. min	98,4	933,4	30,5
	8. min	104,3	1121,6	33,4
	9. min	110,7	1112,6	33,3
	10. min	116,9	928,2	30,4
206,4	11. min	115,6	1063,6	32,6
	12. min	119,0	982,6	31,3
	13. min	133,0	1179,0	34,3
	14. min	135,1	1008,2	31,7
	15. min	143,2	1023,0	31,9
	16. min	147,4	1131,0	33,6
	17. min	149,7	1165,1	34,1
	18. min	145,3	947,2	30,7
Erhol. - phase	19. min	94,5	614,6	24,7
	20. min	70,6	523,7	22,8
	21. min	63,3	805,1	28,3
	22. min	63,3	805,1	28,3
	23. min	58,1	530,1	23,0
	24. min	57,4	778,1	27,8
206,4	1. min	100,4	625,1	25,0
	2. min	116,3	610,8	24,7
	3. min	128,9	654,6	25,5
	4. min	130,6	816,5	28,5
	5. min	129,7	1304,7	36,1
	6. min	141,8	633,3	25,1

Tabelle 5

Prozentualer Abfall des Widerstandskoeffizienten vom Ruhewert (100 %)
(Mittelwerte) n = 31

Ruhewert: 1,51

1. min	53,2 %	10. min	24,6 %
2. min	52,6 %	11. min	27,2 %
3. min	40,6 %	12. min	26,6 %
4. min	44,6 %	13. min	25,2 %
5. min	34,6 %	14. min	23,4 %
6. min	40,0 %	15. min	22,6 %
7. min	32,0 %	16. min	24,6 %
8. min	30,0 %	17. min	25,2 %
9. min	30,0 %	18. min	23 %

Tabelle 6

Verhalten des Widerstandskoeffizienten / Sämtliche Versuchspersonen
(Mittelwerte) n = 31

Watt	Zeit	Wk	Varianz	Standard- abweichung
98,3	Ruhe	1,51	7,1	2,6
	Hypervent.	1,40	4,9	2,2
	1. min	0,85	0,6	0,8
	2. min	0,79	0,5	0,7
	3. min	0,61	0,1	0,4
	4. min	0,67	0,2	0,4
159,6	5. min	0,52	0,1	0,4
	6. min	0,60	0,3	0,5
	7. min	0,48	0,1	0,4
	8. min	0,45	0,1	0,3
	9. min	0,45	0,14	0,3
	10. min	0,37	0,04	0,2
206,4	11. min	0,41	0,09	0,3
	12. min	0,40	0,05	0,2
	13. min	0,38	0,02	0,1
	14. min	0,35	0,01	0,1
	15. min	0,34	0,01	0,1
	16. min	0,37	0,03	0,1
Erhol. - phase	17. min	0,38	0,03	0,1
	18. min	0,36	0,02	0,1
	19. min	0,39	0,03	0,1
	20. min	0,57	0,07	0,2
	21. min	0,58	0,09	0,3
	22. min	0,62	0,09	0,3
206,4	23. min	0,67	0,09	0,3
	24. min	0,82	0,2	0,5
	1. min	0,46	0,06	0,2
	2. min	0,38	0,02	0,1
	3. min	0,37	0,02	0,1
	4. min	0,38	0,02	0,1
	5. min	0,38	0,02	0,1
	6. min	0,36	0,02	0,1

Tabelle 7

Verhalten der Pulsfrequenz 125 Watt (Mittelwerte) n = 2

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
75	Ruhe	99,5	924,5	30,4
	Hypervent.	99,5	840,5	28,9
	1. min	130,5	40,5	6,3
	2. min	141,0	2,0	1,4
	3. min	142,5	60,5	7,7
	4. min	146,5	12,5	3,5
100	5. min	144,0	128,0	11,3
	6. min	152,5	40,5	6,3
	7. min	164,0	2,0	1,4
	8. min	167,5	12,5	3,5
	9. min	168,5	40,5	6,3
	10. min	170,0	50,0	7,0
125	11. min	174,5	84,5	9,1
	12. min	175,5	60,5	7,7
	13. min	180,0	50,0	7,0
	14. min	179,0	32,0	5,6
	15. min	184,0	128,0	11,3
	16. min	186,5	60,5	7,7
	17. min	186,0	98,0	9,8
	18. min	186,5	84,5	9,1
Erhol. - phase	19. min	158,5	24,5	4,9
	20. min	144,5	60,5	7,7
	21. min	141,0	2,0	1,4
	22. min	139,5	112,5	10,6
	23. min	124,5	112,5	10,6
	24. min	126,5	60,5	7,7
125	1. min	155,5	60,5	7,7
	2. min	166,5	544,5	23,3
	3. min	178,5	84,5	9,1
	4. min	180,0	128,0	11,3
	5. min	181,5	144,5	12,0
	6. min	184,0	128,0	11,3

Tabelle 8

Verhalten der Pulsfrequenz 150 Watt (Mittelwerte) n = 5

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
50	Ruhe	103,0	338,5	18,3
	Hypervent.	109,8	415,7	20,3
	1. min	132,0	257,5	16,0
	2. min	130,0	212,5	14,5
	3. min	134,4	269,3	16,4
	4. min	132,0	282,5	16,8
100	5. min	132,2	404,2	20,1
	6. min	137,0	295,0	17,1
	7. min	152,6	226,3	15,0
	8. min	160,4	188,3	13,7
	9. min	164,6	277,3	16,6
	10. min	167,4	218,8	14,79
150	11. min	165,8	286,2	16,9
	12. min	168,4	230,3	15,1
	13. min	176,2	132,2	11,4
	14. min	182,4	46,3	6,8
	15. min	186,0	42,5	6,5
	16. min	190,2	32,7	5,7
Erhol. - phase	17. min	191,0	27,3	5,2
	18. min	192,5	41,6	6,4
	19. min	160,8	96,7	9,8
	20. min	141,8	137,2	11,7
	21. min	134,6	69,8	8,3
	22. min	139,0	30,0	5,4
150	23. min	130,0	100,0	10,0
	24. min	128,0	149,5	12,2
	1. min	165,0	62,5	7,9
	2. min	177,0	44,5	6,6
	3. min	182,0	32,5	5,7
	4. min	185,0	37,5	6,1
	5. min	188,4	17,8	4,2
	6. min	193,6	31,3	5,5

Tabelle 9

Verhalten der Pulsfrequenz 175 Watt (Mittelwerte) n = 2

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
75	Ruhe	125,0	338,0	18,3
	Hypervent.	133,5	684,5	26,1
	1. min	148,0	128,0	11,3
	2. min	147,0	18,0	4,2
	3. min	144,0	32,0	5,6
	4. min	146,0	72,0	8,4
150	5. min	145,5	60,5	7,7
	6. min	145,0	50,0	7,0
	7. min	165,0	50,0	7,0
	8. min	168,5	24,5	4,9
	9. min	169,5	0,5	0,7
	10. min	176,0	2,0	1,4
175	11. min	175,0	-	-
	12. min	176,0	8,0	2,8
	13. min	182,5	12,5	3,5
	14. min	185,0	50,0	7,0
	15. min	192,5	0,5	0,7
	16. min	193,5	0,5	0,7
Erhol. - phase	17. min	193,5	4,5	2,1
	18. min	193,5	24,5	4,9
	19. min	160,0	-	-
	20. min	145,0	50,0	7,0
	21. min	139,0	2,0	1,4
	22. min	135,0	50,0	7,0
175	23. min	135,0	50,0	7,0
	24. min	128,5	24,5	4,9
	1. min	170,0	-	-
	2. min	174,5	0,5	0,7
	3. min	180,0	-	-
	4. min	187,5	12,5	3,5
	5. min	190,5	4,5	2,1
	6. min	191,5	0,5	0,7

Tabelle 10

Verhalten der Pulsfrequenz 200 Watt (Mittelwerte) n = 7

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	96,7	114,5	10,7
	Hypervent.	105,4	79,6	8,9
	1. min	128,5	38,9	6,2
	2. min	127,2	21,2	4,6
	3. min	127,7	38,9	6,2
	4. min	128,4	20,9	4,5
150	5. min	131,8	14,1	3,7
	6. min	133,5	30,2	5,5
	7. min	147,7	60,5	7,7
	8. min	148,0	179,6	13,4
	9. min	155,2	166,5	12,9
	10. min	157,8	158,4	12,5
200	11. min	161,1	140,1	11,8
	12. min	161,6	223,4	14,9
	13. min	169,1	50,5	7,1
	14. min	173,6	94,6	9,7
	15. min	176,1	55,7	7,4
	16. min	179,0	76,0	8,7
Erhol. - phase	17. min	181,3	84,2	9,1
	18. min	183,6	68,2	8,2
	19. min	156,1	270,8	16,4
	20. min	132,8	32,4	5,6
	21. min	123,8	56,1	7,4
	22. min	119,2	168,5	12,9
200	23. min	120,7	100,9	10,0
	24. min	114,2	101,2	10,0
	1. min	161,4	40,8	6,3
	2. min	173,1	70,1	8,3
	3. min	174,0	40,3	6,3
	4. min	178,2	22,2	4,7
	5. min	182,0	38,0	6,1
	6. min	182,1	55,8	7,4

Tabelle 11

Verhalten der Pulsfrequenz 225 Watt (Mittelwerte) n = 4

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	90,5	153,6	12,3
	Hypervent.	95,5	89,6	9,4
	1. min	122,2	90,2	9,5
	2. min	115,0	50,0	7,0
	3. min	121,0	90,6	9,5
	4. min	120,5	17,6	4,2
200	5. min	120,2	20,2	4,5
	6. min	122,5	75,0	8,6
	7. min	146,2	122,9	11,0
	8. min	157,5	225,0	15,0
	9. min	158,75	272,9	16,5
	10. min	165,0	316,6	17,7
225	11. min	165,0	450,0	21,2
	12. min	170,0	316,6	17,7
	13. min	175,0	316,6	17,7
	14. min	180,0	250,0	15,8
	15. min	184,5	281,0	16,7
	16. min	176,6	58,3	7,6
Erhol. - phase	17. min	179,3	81,3	9,0
	18. min	181,0	93,0	9,6
	19. min	146,2	56,2	7,5
	20. min	129,0	20,6	4,5
	21. min	129,2	10,9	3,3
	22. min	118,2	7,5	2,7
	23. min	115,2	0,2	0,5
	24. min	114,5	37,6	6,1
225	1. min	164,7	163,5	12,7
	2. min	173,7	72,9	8,5
	3. min	177,0	39,3	6,2
	4. min	182,5	75,0	8,6
	5. min	184,5	77,6	8,8
	6. min	186,2	106,2	10,3

Tabelle 12

Verhalten der Pulsfrequenz 250 Watt (Mittelwerte) $n \approx 10$

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	89,0	176,2	13,2
	Hypervent.	93,0	172,0	13,1
	1. min	114,3	98,2	9,9
	2. min	117,8	32,6	5,7
	3. min	118,7	60,9	7,8
	4. min	117,4	99,1	9,9
200	5. min	118,9	109,6	10,4
	6. min	117,9	98,1	9,9
	7. min	147,6	89,1	9,4
	8. min	152,8	69,0	8,3
	9. min	153,4	86,7	9,3
	10. min	159,1	44,1	6,6
250	11. min	160,9	67,6	8,2
	12. min	163,8	101,5	10,0
	13. min	173,5	43,8	6,6
	14. min	177,5	52,9	7,2
	15. min	180,9	52,9	7,2
	16. min	183,2	71,2	8,4
Erhol.- phase	17. min	184,5	49,8	7,0
	18. min	186,8	84,1	9,1
	19. min	154,5	149,0	12,2
	20. min	135,0	60,2	7,7
	21. min	127,5	75,7	8,7
	22. min	120,0	117,7	10,8
250	23. min	119,5	115,1	10,7
	24. min	116,3	144,9	12,0
	1. min	156,4	122,2	11,0
	2. min	167,1	108,9	10,4
	3. min	174,2	57,5	7,5
	4. min	179,5	57,1	7,5
	5. min	182,6	61,3	7,8
	6. min	186,4	90,3	9,5

Tabelle 13

Verhalten des Atemminutenvolumens - 125 Watt (Mittelwerte) $n = 2$

Watt	Zeit	l / min	Varianz	Standard- abweichung
75	Ruhe	6,8	46,0	6,7
	Hypervent.	4,9	10,5	3,2
	1. min	13,7	204,2	14,2
	2. min	16,7	36,1	6,0
	3. min	17,5	84,5	9,1
	4. min	16,9	146,2	12,0
100	5. min	20,2	383,6	19,5
	6. min	21,8	93,8	9,6
	7. min	33,1	305,0	17,4
	8. min	29,9	444,0	21,0
	9. min	-	-	-
	10. min	32,0	327,6	18,1
125	11. min	28,0	250,8	15,8
	12. min	24,9	584,8	24,1
	13. min	31,1	567,8	23,8
	14. min	35,2	325,1	18,0
	15. min	42,0	-	-
	16. min	45,0	18,0	4,2
Erhol. - phase	17. min	51,5	24,5	4,9
	18. min	45,2	54,0	7,3
	19. min	25,8	6,4	2,5
	20. min	15,6	38,7	6,2
	21. min	10,1	20,4	4,5
	22. min	10,7	40,0	6,3
125	23. min	10,4	20,4	4,5
	24. min	11,3	44,1	6,6
	1. min	24,5	144,5	12,0
	2. min	33,3	584,8	24,1
	3. min	30,5	408,9	20,2
	4. min	37,2	115,5	10,7
	5. min	32,0	147,9	12,1
	6. min	45,2	2,8	1,6

Tabelle 14

Verhalten des Atemminutenvolumens - 150 Watt (Mittelwerte) n = 5

Watt	Zeit	l / min	Varianz	Standard- abweichung
50	Ruhe	24,7	327,0	18,0
	Hypervent.	31,3	843,0	29,0
	1. min	46,0	2765,7	52,5
	2. min	41,7	1948,7	44,1
	3. min	20,3	3,9	1,9
	4. min	26,7	210,9	14,5
100	5. min	22,4	32,0	5,6
	6. min	21,2	29,0	5,3
	7. min	30,6	44,8	6,6
	8. min	31,6	73,9	8,5
	9. min	31,6	131,4	11,4
	10. min	32,2	124,2	11,1
150	11. min	33,0	102,5	10,1
	12. min	40,8	101,0	10,0
	13. min	47,5	27,4	5,2
	14. min	57,9	295,3	17,1
	15. min	62,2	183,6	13,5
	16. min	53,6	72,3	8,5
Erhol.- phase	17. min	56,5	45,6	6,7
	18. min	58,6	29,8	5,4
	19. min	33,0	253,1	15,9
	20. min	24,6	50,3	7,0
	21. min	20,5	45,4	6,7
	22. min	21,6	37,7	6,1
150	23. min	22,0	21,0	4,5
	24. min	19,4	78,0	8,8
	1. min	30,1	14,9	3,8
	2. min	40,5	96,5	9,8
	3. min	52,4	19,3	4,3
	4. min	55,3	91,9	9,5
	5. min	54,2	30,7	5,5
	6. min	58,0	171,6	13,1

Tabelle 15

Verhalten des Atemminutenvolumens - 175 Watt (Mittelwerte) n = 2

Watt	Zeit	l / min	Varianz	Standard- abweichung
75	Ruhe	15,9	0,1	0,3
	Hypervent.	14,8	0,08	0,2
	1. min	22,1	0,6	0,7
	2. min	22,2	45,1	6,7
	3. min	22,9	2,4	1,5
	4. min	21,2	21,1	4,9
150	5. min	16,4	2,4	1,5
	6. min	25,0	98,0	9,8
	7. min	37,8	6,4	2,5
	8. min	41,8	9,6	3,1
	9. min	50,0	32,0	5,6
	10. min	48,9	30,4	5,5
175	11. min	46,5	4,5	2,1
	12. min	43,3	5,7	2,4
	13. min	57,8	103,6	10,1
	14. min	64,4	103,6	10,1
	15. min	67,7	84,5	9,1
	16. min	60,0	-	-
Erhol. - phase	17. min	50,6	0,7	0,8
	18. min	52,0	32,0	5,6
	19. min	49,7	204,2	14,2
	20. min	24,1	19,2	4,3
	21. min	24,2	28,1	5,3
	22. min	18,7	3,1	1,7
175	23. min	20,5	32,0	5,6
	24. min	16,0	50,0	7,0
	1. min	33,7	253,1	15,9
	2. min	57,9	52,0	7,2
	3. min	57,9	74,4	8,6
	4. min	56,5	84,5	9,1
	5. min	59,5	40,5	6,3
	6. min	56,4	-	-

Tabelle 16

Verhalten des Atemminutenvolumens - 200 Watt (Mittelwerte) n = 7

Watt	Zeit	l / min	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	18,2	30,9	5,5
	Hypervent.	16,9	44,3	6,6
	1. min	29,1	42,2	6,4
	2. min	33,8	227,3	15,0
	3. min	31,8	34,2	5,8
	4. min	29,8	6,2	2,4
150	5. min	31,9	27,1	5,2
	6. min	32,4	30,1	5,4
	7. min	39,6	76,3	8,7
	8. min	44,5	45,4	6,7
	9. min	47,1	45,2	6,7
	10. min	48,9	134,9	11,6
200	11. min	44,0	88,8	9,4
	12. min	43,3	88,3	9,3
	13. min	50,2	146,5	12,1
	14. min	50,2	44,1	6,6
	15. min	53,5	83,3	9,1
	16. min	55,8	85,7	9,2
Erhol. - phase	17. min	56,0	99,9	9,9
	18. min	56,6	83,5	9,1
	19. min	36,3	103,1	10,1
	20. min	25,9	48,8	6,9
	21. min	23,0	46,7	6,8
	22. min	22,4	31,0	5,5
200	23. min	22,3	25,1	5,0
	24. min	21,8	49,1	7,0
	1. min	44,4	110,6	10,5
	2. min	56,6	102,6	10,1
	3. min	57,1	75,2	8,6
	4. min	57,8	157,8	12,5
	5. min	57,7	37,3	6,1
	6. min	58,5	80,3	8,9

Tabelle 17

Verhalten des Atemminutenvolumens - 225 Watt (Mittelwerte) n = 4

Watt	Zeit	l / min	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	14,5	40,1	6,3
	Hypervent.	8,6	20,0	4,4
	1. min	13,0	28,8	5,3
	2. min	15,5	38,8	6,2
	3. min	18,7	38,2	6,1
	4. min	19,2	67,9	8,2
200	5. min	23,1	52,4	7,2
	6. min	25,4	91,2	9,5
	7. min	40,6	261,8	16,1
	8. min	45,4	234,1	15,3
	9. min	54,9	217,5	14,7
	10. min	53,8	327,0	18,0
225	11. min	46,5	265,6	16,2
	12. min	59,2	44,8	6,6
	13. min	60,9	180,7	13,4
	14. min	68,2	265,9	16,3
	15. min	68,9	154,4	12,4
	16. min	72,7	145,8	12,0
	17. min	65,8	33,5	5,7
	18. min	62,5	18,7	4,3
Erhol. - phase	19. min	35,3	102,6	10,1
	20. min	29,9	87,0	9,3
	21. min	23,9	15,1	3,8
	22. min	17,0	44,5	6,6
	23. min	14,5	45,5	6,7
	24. min	16,5	18,54	4,3
225	1. min	38,4	232,1	15,2
	2. min	41,4	227,3	15,0
	3. min	55,1	46,7	6,8
	4. min	54,7	195,5	13,9
	5. min	56,1	78,3	8,8
	6. min	62,5	153,8	12,4

Tabelle 18

Verhalten des Atemminutenvolumens - 250 Watt (Mittelwerte) n = 10

Watt	Zeit	l/ min	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	16,5	44,9	6,7
	Hypervent.	15,2	44,0	6,6
	1. min	16,9	91,2	9,5
	2. min	19,7	70,9	8,4
	3. min	19,7	94,0	9,6
	4. min	23,6	133,7	11,5
200	5. min	21,3	105,2	10,2
	6. min	21,6	83,1	9,1
	7. min	37,8	139,2	11,8
	8. min	43,5	110,8	10,5
	9. min	44,2	179,5	13,4
	10. min	51,4	226,8	15,0
250	11. min	49,7	292,3	17,0
	12. min	48,4	227,7	15,0
	13. min	53,1	302,6	17,3
	14. min	56,8	372,7	19,3
	15. min	65,7	298,1	17,2
	16. min	67,1	471,7	21,7
Erhol. - phase	17. min	71,3	438,5	20,9
	18. min	71,2	517,0	22,7
	19. min	34,8	405,7	20,1
	20. min	30,8	257,3	16,0
	21. min	27,1	235,8	15,3
	22. min	25,2	316,3	17,7
250	23. min	23,4	311,0	17,6
	24. min	22,1	215,4	14,6
	1. min	43,6	233,4	15,2
	2. min	53,6	319,7	17,8
	3. min	58,6	421,5	20,5
	4. min	62,1	314,5	17,7
	5. min	69,8	568,0	23,8
	6. min	68,8	343,6	18,5

Tabelle 19

Verhalten der Atemfrequenz - 125 Watt (Mittelwerte) n = 2

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
75	Ruhe	14,0	32,0	5,6
	Hypervent.	11,5	4,5	2,1
	1. min	12,2	45,1	6,7
	2. min	13,7	3,1	1,7
	3. min	12,5	12,5	3,5
	4. min	14,5	12,5	3,5
	5. min	19,5	264,5	16,2
	6. min	21,2	253,1	15,9
	7. min	22,7	190,1	13,7
	8. min	20,2	120,1	10,9
	9. min	-	-	-
	10. min	24,0	128,0	11,3
	11. min	21,0	98,0	9,8
	12. min	21,5	144,5	12,0
	13. min	21,5	144,5	12,0
	14. min	22,5	112,5	10,6
	15. min	30,0	-	-
	16. min	23,7	78,1	8,8
100	17. min	27,5	12,5	3,5
	18. min	24,0	32,0	5,6
	19. min	19,5	24,5	4,9
	20. min	18,0	8,0	2,8
	21. min	15,7	21,1	4,5
	22. min	15,2	15,1	3,8
	23. min	14,5	12,5	3,5
	24. min	14,0	8,0	2,8
	1. min	20,0	200,0	14,1
	2. min	20,2	120,1	10,9
	3. min	21,5	84,5	9,1
	4. min	22,2	66,1	8,1
	5. min	23,5	60,5	7,7
	6. min	24,5	40,5	6,3

Tabelle 20

Verhalten der Atemfrequenz - 150 Watt (Mittelwerte) n = 5

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
50	Ruhe	19,2	30,7	5,5
	Hypervent.	19,5	9,7	3,1
	1. min	19,2	14,5	3,8
	2. min	17,3	26,4	5,1
	3. min	18,7	3,8	1,9
	4. min	19,8	15,5	3,9
100	5. min	18,3	11,3	3,3
	6. min	18,9	7,3	2,7
	7. min	21,7	17,3	4,1
	8. min	20,5	23,1	4,8
	9. min	20,5	22,0	4,6
	10. min	20,6	23,8	4,8
150	11. min	23,0	20,0	4,4
	12. min	22,2	26,0	5,1
	13. min	25,6	9,9	3,1
	14. min	28,8	60,5	7,7
	15. min	30,8	49,3	7,0
	16. min	30,6	66,1	8,1
Erhol. - phase	17. min	26,8	5,7	2,3
	18. min	28,6	2,5	1,6
	19. min	23,8	76,1	8,7
	20. min	22,0	36,3	6,0
	21. min	20,5	33,0	5,7
	22. min	22,1	18,0	4,2
150	23. min	23,2	25,7	5,0
	24. min	20,2	14,7	3,8
	1. min	21,4	11,8	3,4
	2. min	25,8	16,0	4,0
	3. min	28,5	30,7	5,5
	4. min	29,2	40,5	6,3
	5. min	29,5	41,8	6,4
	6. min	30,2	32,5	5,7

Tabelle 21

Verhalten der Atemfrequenz - 175 Watt (Mittelwerte) n = 2

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
75	Ruhe	22,5	45,1	6,7
	Hypervent.	18,7	28,1	5,3
	1. min	17,7	0,1	0,3
	2. min	17,7	0,1	0,3
	3. min	18,9	2,2	1,4
	4. min	17,5	-	-
150	5. min	17,2	0,1	0,3
	6. min	19,0	2,0	1,4
	7. min	20,0	8,0	2,8
	8. min	21,0	2,0	1,4
	9. min	22,7	0,1	0,3
	10. min	23,5	4,5	2,1
175	11. min	21,2	3,1	1,7
	12. min	24,2	6,1	2,4
	13. min	24,0	2,0	1,4
	14. min	26,7	1,1	1,0
	15. min	27,7	0,1	0,3
	16. min	27,5	12,5	3,5
	17. min	28,5	24,5	4,9
	18. min	29,0	2,0	1,4
Erhol. - phase	19. min	22,5	0,5	0,7
	20. min	19,0	8,0	2,8
	21. min	20,0	12,5	3,5
	22. min	18,7	3,1	1,7
	23. min	20,2	15,1	3,8
	24. min	16,0	2,0	1,4
175	1. min	21,7	21,1	4,5
	2. min	28,5	84,5	9,1
	3. min	27,2	45,1	6,7
	4. min	30,0	50,0	7,0
	5. min	32,5	112,5	10,6
	6. min	22,5	-	-

Tabelle 22

Verhalten der Atemfrequenz - 200 Watt (Mittelwerte) $n = 7$

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	25,3	24,3	4,9
	Hypervent.	24,7	59,5	7,7
	1. min	22,9	20,4	4,5
	2. min	22,4	27,1	5,2
	3. min	23,3	27,8	5,2
	4. min	21,8	9,2	3,0
150	5. min	22,8	23,5	4,8
	6. min	23,2	4,6	2,1
	7. min	25,0	35,4	5,9
	8. min	24,0	13,7	3,7
	9. min	26,1	25,1	5,0
	10. min	27,0	21,3	4,6
200	11. min	24,7	13,6	3,6
	12. min	25,0	50,4	7,0
	13. min	25,4	17,1	4,1
	14. min	26,5	31,4	5,6
	15. min	27,9	22,8	4,7
	16. min	28,4	38,6	6,2
Erhol. - phase	17. min	28,5	36,6	6,0
	18. min	30,2	56,5	7,5
	19. min	28,7	26,4	5,1
	20. min	28,1	86,2	9,2
	21. min	26,9	78,1	8,8
	22. min	26,4	62,7	7,9
200	23. min	26,4	47,8	6,9
	24. min	28,0	71,3	8,4
	1. min	26,2	34,1	5,8
	2. min	28,3	21,0	4,5
	3. min	29,0	69,0	8,3
	4. min	29,2	31,4	5,6
	5. min	29,6	38,3	6,1
	6. min	30,9	44,7	6,6

Tabelle 23

Verhalten der Atemfrequenz - 225 Watt (Mittelwerte) n = 4

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	21,2	105,5	10,2
	Hypervent.	18,6	139,5	11,8
	1. min	16,5	68,1	8,2
	2. min	18,6	60,8	7,8
	3. min	19,37	35,5	5,9
	4. min	17,7	73,5	8,5
200	5. min	18,8	58,7	7,6
	6. min	20,3	41,8	6,4
	7. min	19,3	37,5	6,1
	8. min	22,7	57,5	7,5
	9. min	23,6	52,5	7,2
	10. min	22,7	43,5	6,6
225	11. min	23,1	55,7	7,4
	12. min	25,8	37,0	6,0
	13. min	25,5	47,0	6,8
	14. min	25,7	21,4	4,6
	15. min	26,8	6,3	2,5
	16. min	29,0	25,0	5,0
Erhol. - phase	17. min	30,0	6,2	2,5
	18. min	25,8	14,5	3,8
	19. min	24,3	39,0	6,2
	20. min	20,6	64,0	8,0
	21. min	20,3	28,5	5,3
	22. min	18,7	42,2	6,5
225	23. min	17,0	50,1	7,0
	24. min	18,6	43,5	6,6
	1. min	22,3	37,5	6,1
	2. min	22,2	27,7	5,2
	3. min	24,3	26,5	5,1
	4. min	23,2	66,4	8,1
	5. min	23,2	49,7	7,0
	6. min	26,8	26,5	5,1

Tabelle 24

Verhalten der Atemfrequenz - 250 Watt (Mittelwerte) n = 10

Watt	Zeit	Frequenz	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	16,4	57,2	7,5
	Hypervent.	15,4	40,3	6,8
	1. min	14,9	56,0	7,4
	2. min	15,4	45,4	6,7
	3. min	15,5	54,1	7,3
	4. min	14,9	42,2	6,4
200	5. min	14,6	44,1	6,6
	6. min	15,7	44,8	6,6
	7. min	17,7	37,2	6,1
	8. min	18,3	31,6	5,6
	9. min	19,2	43,5	6,6
	10. min	21,0	45,2	6,7
250	11. min	19,6	33,8	5,8
	12. min	20,2	38,7	6,2
	13. min	21,9	40,9	6,4
	14. min	23,5	48,0	6,9
	15. min	23,6	42,9	6,5
	16. min	23,8	40,5	6,3
Erhol. - phase	17. min	24,9	36,4	6,0
	18. min	26,1	55,6	7,4
	19. min	17,7	37,4	6,1
	20. min	16,8	15,0	3,8
	21. min	17,7	14,9	3,8
	22. min	15,7	12,3	3,5
250	23. min	15,9	17,3	4,1
	24. min	16,3	21,0	4,5
	1. min	19,0	34,8	5,9
	2. min	20,9	52,3	7,2
	3. min	21,8	35,6	5,9
	4. min	23,5	43,1	6,5
	5. min	25,7	24,6	4,9
	6. min	24,6	36,1	6,0

Tabelle 25

Verhalten des Widerstandskoeffizienten - 125 Watt (Mittelwerte) n = 2

Watt	Zeit	Wk	Varianz	Standard- abweichung
75	Ruhe	8,01	103,2	10,1
	Hypervent.	6,82	70,8	8,4
	1. min	2,07	5,5	2,3
	2. min	1,78	-	-
	3. min	0,64	0,2	0,4
	4. min	0,68	0,1	0,3
100	5. min	0,57	0,08	0,2
	6. min	0,86	0,3	0,5
	7. min	0,52	0,03	0,1
	8. min	-	-	-
	9. min	-	-	-
	10. min	1,44	0,2	0,4
125	11. min	0,79	0,3	0,6
	12. min	0,63	0,08	0,2
	13. min	0,43	0,0008	0,02
	14. min	0,56	0,0008	0,02
	15. min	0,49	-	-
	16. min	0,62	0,05	0,2
Erhol. - phase	17. min	0,51	0,009	0,09
	18. min	0,42	0,00005	0,007
	19. min	0,42	0,06	0,2
	20. min	0,58	0,07	0,2
	21. min	0,63	0,2	0,5
	22. min	0,94	0,2	0,5
125	23. min	0,85	0,1	0,4
	24. min	0,99	0,1	0,3
	1. min	0,86	0,2	0,5
	2. min	0,50	0,06	0,2
	3. min	0,62	0,09	0,3
	4. min	0,59	0,04	0,2
	5. min	0,53	0,04	0,2
	6. min	0,51	0,02	0,1

Tabelle 26

Verhalten des Widerstandskoeffizienten - 150 Watt (Mittelwerte) n = 4

Watt	Zeit	Wk	Varianz	Standard- abweichung
50	Ruhe	1,54	0,9	0,9
	Hypervent.	1,25	0,3	0,5
	1. min	0,57	0,05	0,2
	2. min	0,74	0,001	0,03
	3. min	1,06	0,7	0,8
	4. min	0,86	0,2	0,4
100	5. min	0,62	0,05	0,2
	6. min	0,88	0,3	0,6
	7. min	0,82	0,3	0,5
	8. min	0,54	0,02	0,1
	9. min	0,56	0,01	0,1
	10. min	0,36	0,04	0,2
150	11. min	0,48	0,01	0,1
	12. min	0,64	0,09	0,3
	13. min	0,44	0,02	0,1
	14. min	0,45	0,02	0,1
	15. min	0,43	0,01	0,1
	16. min	0,45	0,01	0,1
Erhol.- phase	17. min	0,41	0,01	0,1
	18. min	0,44	0,01	0,1
	19. min	0,45	0,007	0,08
	20. min	0,71	0,06	0,2
	21. min	0,87	0,2	0,5
	22. min	0,74	0,09	0,3
150	23. min	0,84	0,2	0,4
	24. min	1,00	0,2	0,5
	1. min	0,65	0,04	0,2
	2. min	0,56	0,04	0,2
	3. min	0,42	0,03	0,1
	4. min	0,48	0,03	0,1
	5. min	0,48	0,01	0,1
	6. min	0,51	0,04	0,2

Tabelle 27

Verhalten des Widerstandskoeffizienten - 175 Watt (Mittelwerte) $n = 2$

Watt	Zeit	Wk	Varianz	Standard- abweichung
75	Ruhe	0,77	0,03	0,1
	Hypervent.	0,89	0,01	0,1
	1. min	0,75	0,2	0,4
	2. min	0,54	0,02	0,1
	3. min	0,66	0,01	0,1
	4. min	0,51	0,1	0,3
150	5. min	0,41	0,01	0,1
	6. min	0,41	0,003	0,05
	7. min	0,32	0,001	0,04
	8. min	0,42	0,04	0,2
	9. min	0,52	0,02	0,1
	10. min	0,35	-	-
175	11. min	0,50	0,01	0,1
	12. min	0,34	0,009	0,09
	13. min	0,51	0,001	0,03
	14. min	0,38	0,009	0,09
	15. min	0,31	0,00005	0,007
	16. min	0,37	0,02	0,1
Erhol. - phase	17. min	0,38	0,06	0,2
	18. min	0,43	0,03	0,1
	19. min	0,37	0,011	0,1
	20. min	0,85	0,3	0,6
	21. min	0,72	0,1	0,3
	22. min	0,98	0,2	0,4
175	23. min	0,84	0,02	0,1
	24. min	0,84	0,1	0,3
	1. min	0,46	0,05	0,2
	2. min	0,37	0,03	0,1
	3. min	0,35	-	-
	4. min	0,27	0,03	0,1
	5. min	0,31	0,02	0,1
	6. min	0,23	-	-

Tabelle 28

Verhalten des Widerstandskoeffizienten - 200 Watt (Mittelwerte) $n = 7$

Watt	Zeit	Wk	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	0,83	0,1	0,3
	Hypervent.	1,02	0,7	0,8
	1. min	0,60	0,3	0,6
	2. min	0,48	0,08	0,2
	3. min	0,45	0,05	0,2
	4. min	0,72	0,5	0,7
150	5. min	0,43	0,03	0,1
	6. min	0,37	0,05	0,2
	7. min	0,36	0,03	0,1
	8. min	0,4	0,03	0,1
	9. min	0,35	0,06	0,2
	10. min	0,39	0,04	0,2
200	11. min	0,30	0,01	0,1
	12. min	0,34	0,01	0,1
	13. min	0,36	0,01	0,1
	14. min	0,32	0,01	0,1
	15. min	0,32	0,01	0,1
	16. min	0,42	0,1	0,3
Erhol. - phase	17. min	0,42	0,1	0,3
	18. min	0,34	0,04	0,2
	19. min	0,41	0,01	0,1
	20. min	0,51	0,04	0,2
	21. min	0,49	0,02	0,1
	22. min	0,55	0,02	0,1
200	23. min	0,60	0,03	0,1
	24. min	0,91	0,6	0,8
	1. min	0,35	0,009	0,09
	2. min	0,31	0,01	0,1
	3. min	0,3	0,009	0,09
	4. min	0,32	0,01	0,1
	5. min	0,34	0,02	0,1
	6. min	0,33	0,01	0,1

Tabelle 29

Verhalten des Widerstandskoeffizienten - 225 Watt (Mittelwerte) $n = 4$

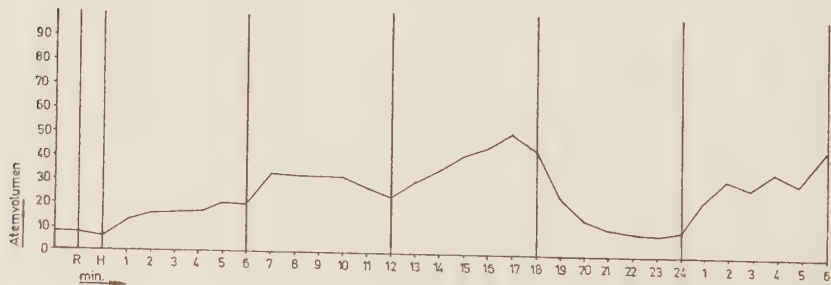
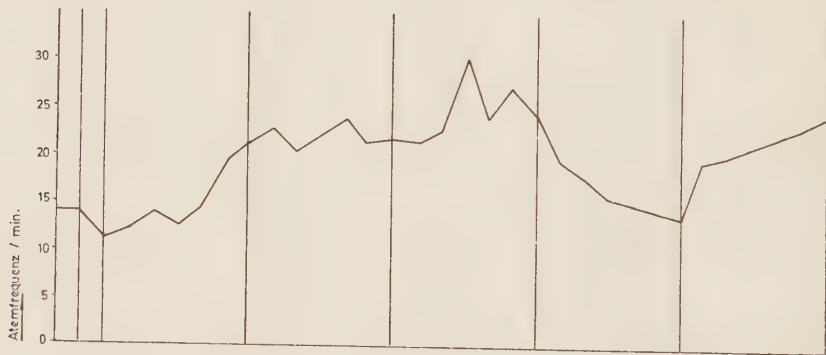
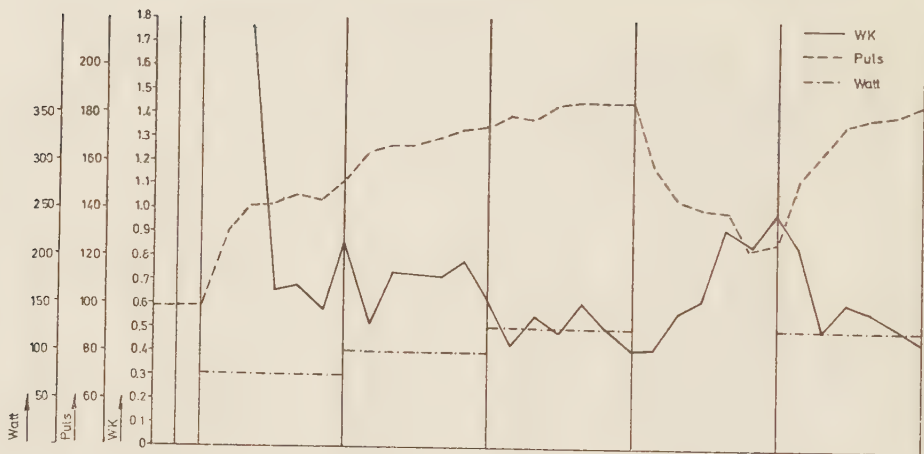
Watt	Zeit	Wk	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	1,40	0,8	0,9
	Hypervent.	1,51	0,1	0,4
	1. min	1,05	0,1	0,4
	2. min	1,17	0,05	0,2
	3. min	0,83	0,08	0,2
	4. min	0,68	0,1	0,3
200	5. min	0,37	0,005	0,07
	6. min	0,52	0,03	0,1
	7. min	0,35	0,03	0,1
	8. min	0,40	0,03	0,1
	9. min	0,35	0,06	0,2
	10. min	0,39	0,04	0,2
225	11. min	0,33	0,01	0,1
	12. min	0,34	0,01	0,1
	13. min	0,36	0,01	0,1
	14. min	0,32	0,01	0,1
	15. min	0,28	0,004	0,06
	16. min	0,33	0,002	0,05
Erhol.- phase	17. min	0,25	0,02	0,1
	18. min	0,24	0,006	0,07
	19. min	0,40	0,001	0,03
	20. min	0,67	0,01	0,1
	21. min	0,54	0,03	0,1
	22. min	0,68	0,004	0,06
225	23. min	0,88	0,02	0,1
	24. min	0,94	0,01	0,1
	1. min	0,42	0,03	0,1
	2. min	0,48	0,004	0,068
	3. min	0,425	0,02	0,1
	4. min	0,37	0,03	0,1
	5. min	0,45	0,01	0,1
	6. min	0,35	0,01	0,1

Verhalten des Widerstandskoeffizienten - 250 Watt (Mittelwerte) n = 10

Watt	Zeit	Wk	Varianz	Standard- abweichung
100	Ruhe	0,84	0,6	0,7
	Hypervent.	0,73	0,1	0,4
	1. min	0,67	0,4	0,6
	2. min	0,52	0,05	0,2
	3. min	0,41	0,03	0,1
	4. min	0,53	0,1	0,4
200	5. min	0,41	0,04	0,2
	6. min	0,46	0,1	0,4
	7. min	0,31	0,02	0,1
	8. min	0,34	0,01	0,1
	9. min	0,32	0,02	0,1
	10. min	0,28	0,01	0,1
250	11. min	0,23	0,009	0,09
	12. min	0,25	0,009	0,09
	13. min	0,30	0,01	0,1
	14. min	0,30	0,01	0,1
	15. min	0,29	0,01	0,1
	16. min	0,27	0,01	0,1
Erhol. - phase	17. min	0,35	0,01	0,1
	18. min	0,37	0,02	0,1
	19. min	0,32	0,01	0,1
	20. min	0,40	0,03	0,1
	21. min	0,46	0,05	0,2
	22. min	0,39	0,03	0,1
250	23. min	0,44	0,02	0,1
	24. min	0,54	0,1	0,3
	1. min	0,33	0,01	0,1
	2. min	0,30	0,02	0,1
	3. min	0,31	0,02	0,1
	4. min	0,34	0,02	0,1
	5. min	0,28	0,01	0,1
	6. min	0,32	0,03	0,1

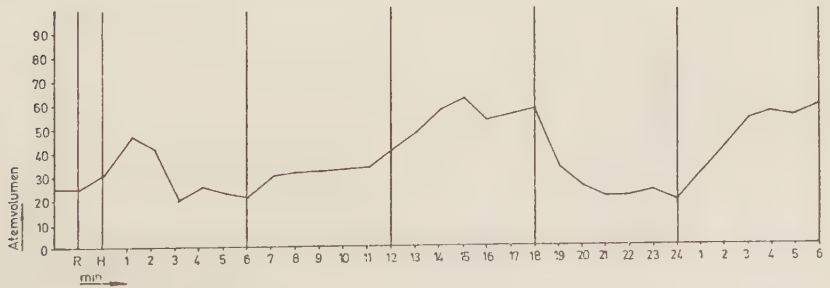
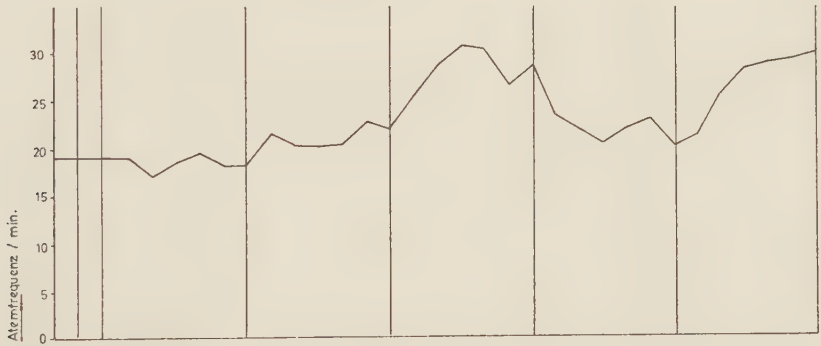
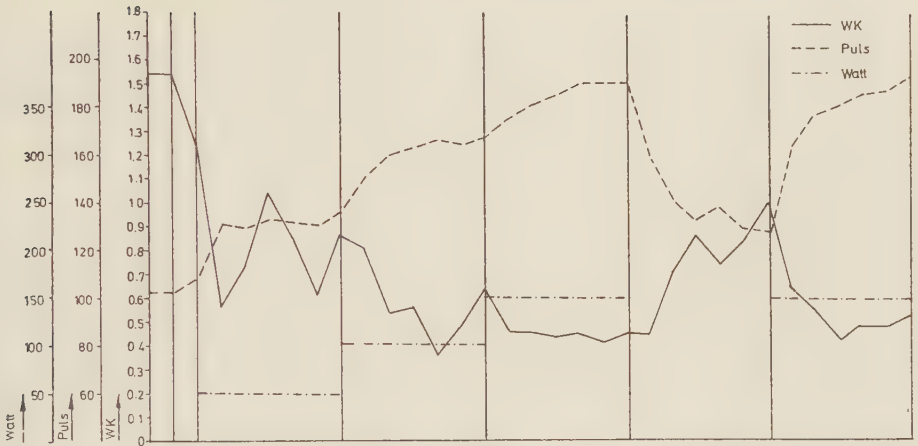
Mittelwerte - max. 125 Watt

2 Versuchspersonen



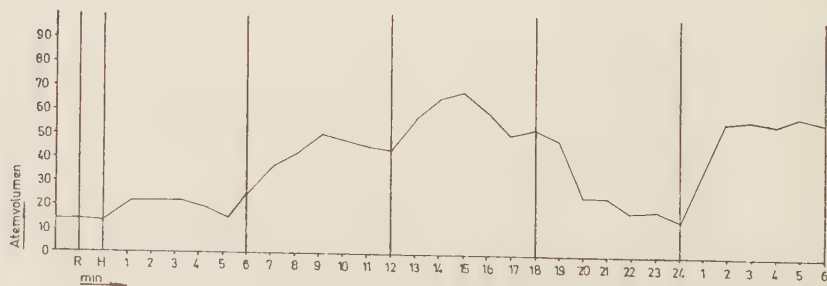
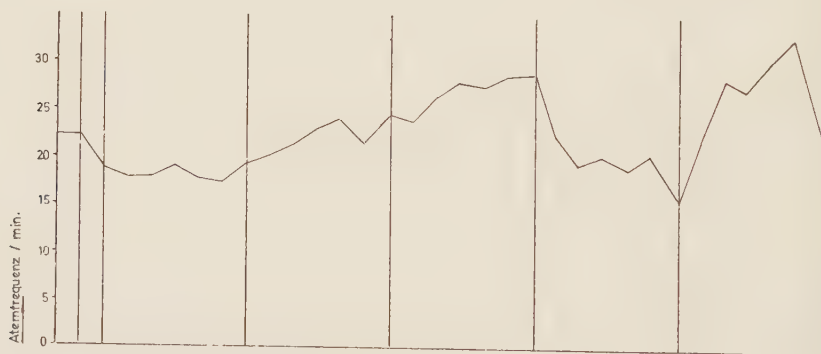
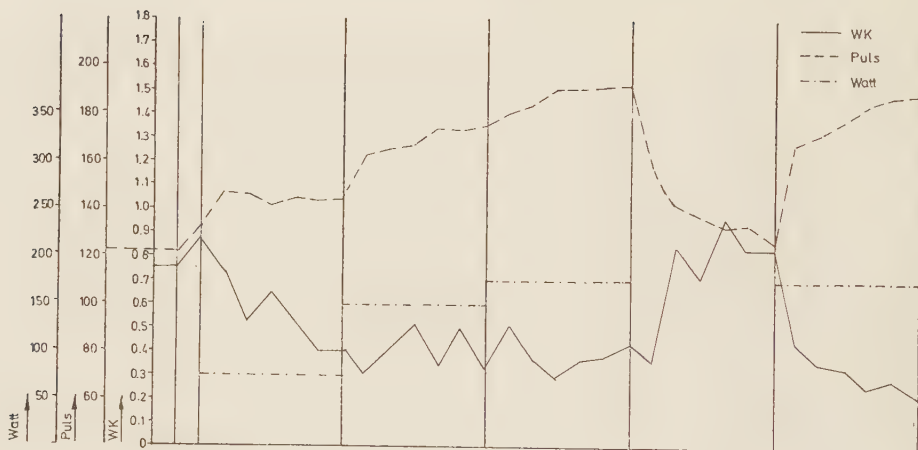
Mittelwerte - max. 150 Watt

5 Versuchspersonen



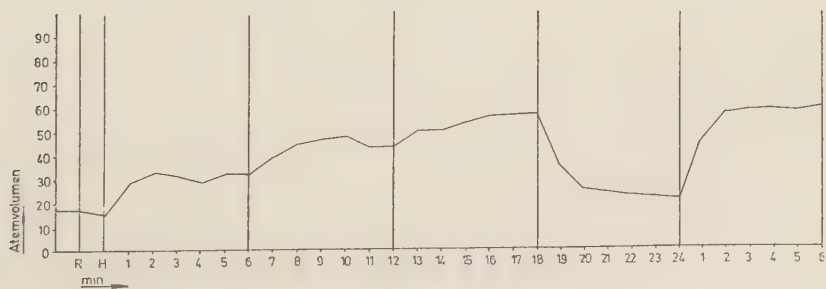
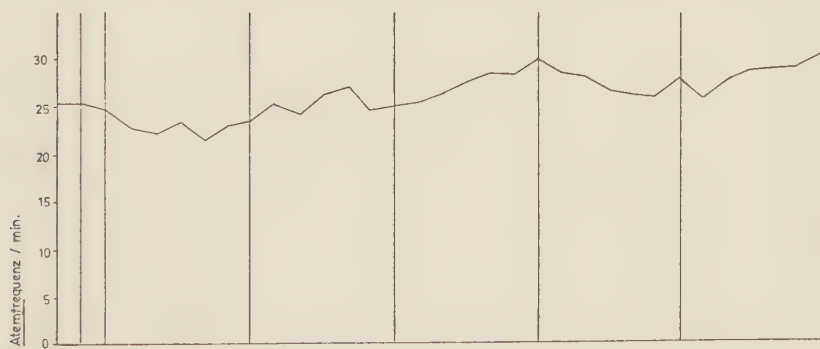
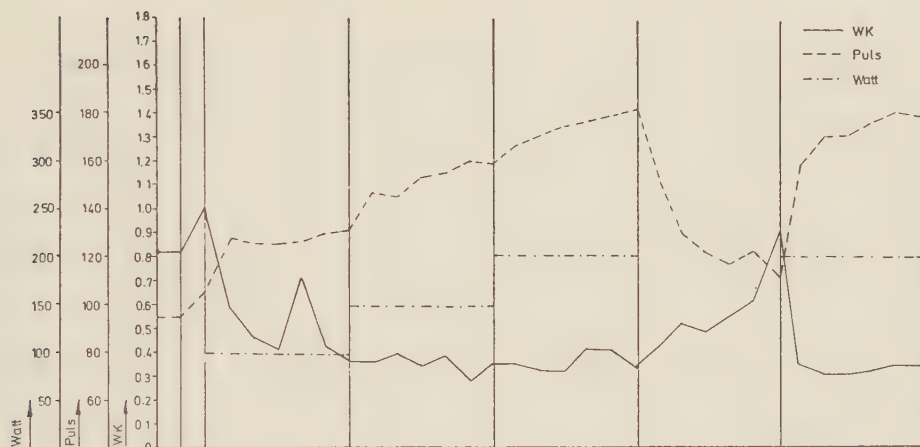
Mittelwerte - max. 175 Watt

2 Versuchspersonen



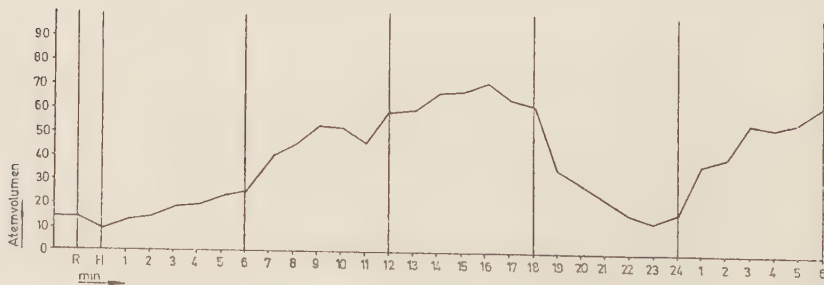
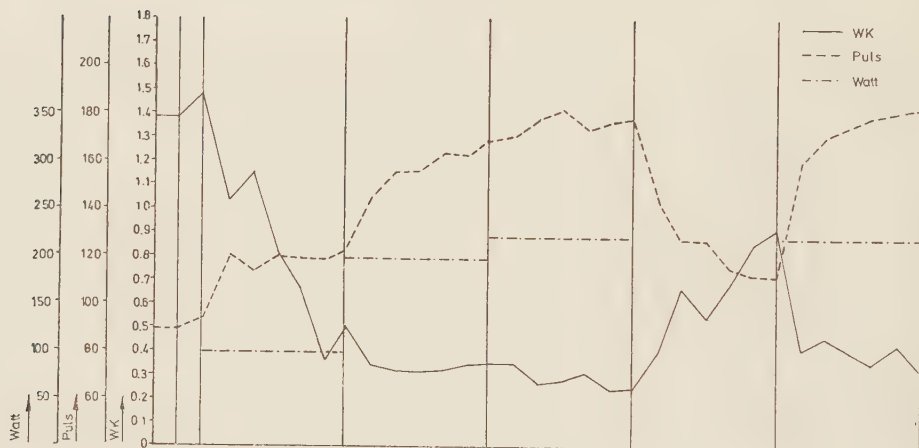
Mittelwerte - max. 200Watt

7 Versuchspersonen



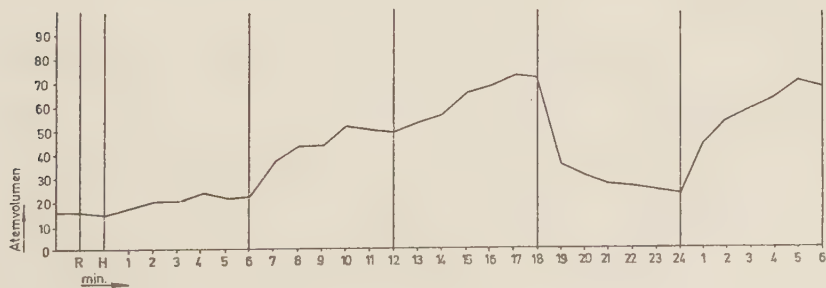
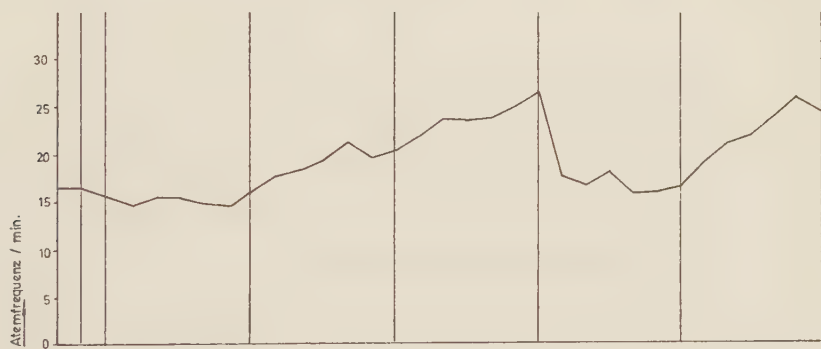
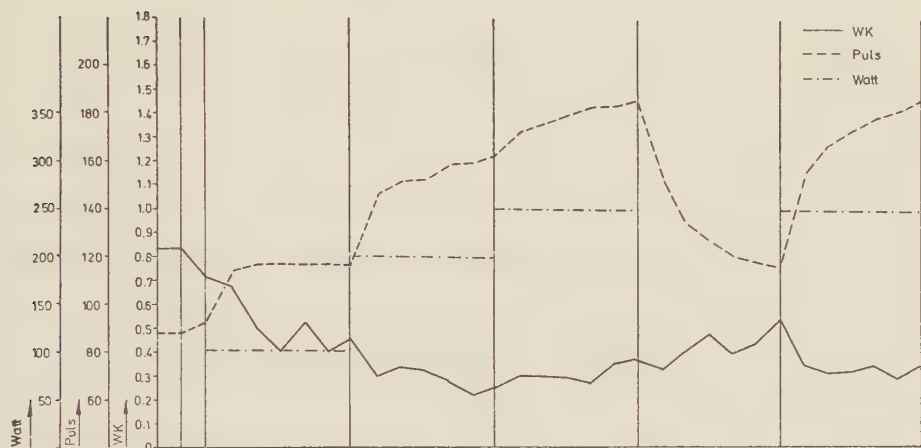
Mittelwerte - max. 225Watt

4 Versuchspersonen



Mittelwerte - max. 250 Watt

10 Versuchspersonen



Meinem verehrten Lehrer, Herrn Priv.-Doz. Dr. H. Masing, danke ich herzlich für die Überlassung des Themas, für seine freundliche Unterstützung und die wertvollen Ratschläge, die er zu dieser Arbeit gegeben hat.

Herrn Dr. med. M. Meythaler von der sportmedizinischen Abteilung der Medizinischen Poliklinik danke ich für so manches anregende Gespräch und die instrumentelle Ausstattung der experimentellen Untersuchungen.

LEBENS LAUF

Ich, Rainer Peter Georg L e y k a u f, wurde am 6. Oktober 1942 als Sohn des Ingenieurs Georg Leykauf und seiner Ehefrau Charlotte, geb. Krause, in Eisenach/Thüringen geboren.

Im Frühjahr 1948 zogen meine Eltern nach Nürnberg. Hier besuchte ich zuerst die Volksschule in der Reutersbrunnenstraße, anschließend das Realgymnasium in Nürnberg, welches ich mit dem Zeugnis der Reife im Juli 1963 beendete.

Ab Oktober 1963 diente ich als Zeitsoldat in der Bundeswehr, die ich als Leutnant der Reserve im September 1965 verließ. Im gleichen Jahr begann ich das Studium der Medizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Hier habe ich im Sommer 1966 das Vorphysikum und im Sommer 1968 das Physikum mit Erfolg bestanden. Im Frühjahr 1972 schloß ich das Medizinstudium mit der ärztlichen Prüfung erfolgreich ab.

Unter der Leitung von Herrn Priv.-Doz. Dr. H. M a s i n g befaßte ich mich von November 1969 bis April 1971 mit der Durchführung dieser Arbeit.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
